

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
**ДАГЕСТАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**Институт физики им.Х.И.Амирханова**



**ПРОГРАММА**  
**вступительного экзамена в аспирантуру по подготовке**  
**кадров высшей квалификации по специальности**  
**1.3.8 «Физика конденсированного состояния»**

Махачкала 2022

*Программа вступительных испытаний в аспирантуру по физике подготовлена в соответствии с федеральными государственными требованиями (ФГТ) для реализуемых образовательных программ высшего образования – программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по специальности 1.3.8. «Физика конденсированного состояния»*

Цель вступительных испытаний – выявление у поступающих в аспирантуру уровня знаний в области физики.

## **1. Назначение и область применения**

Программа определяет требования к содержанию вступительных испытаний в аспирантуру по специальности 1.3.8. «Физика конденсированного состояния».

Предназначена для лиц, готовящихся поступить в аспирантуру по одной из физических специальностей 1.3.8. «Физика конденсированного состояния». Целью вступительного экзамена является проверка способности и готовности претендента к получению послевузовского профессионального образования (аспирантура) и выполнять профессиональные задачи в сфере научной деятельности.

### **Форма проведения вступительного экзамена**

Устный, письменный или смешанный

### **Требования к процедуре вступительного экзамена**

Требования к порядку планирования, организации и проведения вступительного экзамена, к структуре и форме документов по его организации сформулированы Отделом аспирантуры Дагестанского федерального исследовательского центра РАН.

## **2. Содержание программы**

### **Раздел 1. Механика**

#### **1.1. Основные законы механики.**

Пространство и время в физике. Способы измерения протяженности и длительности (в лабораторной практике, в космических масштабах, в микромире). Материальная точка. Инерциальная система отсчета. Явление инерции. Первый закон Ньютона. Движение материальной точки под действием силы. Масса как мера инертности. Второй закон Ньютона. Взаимодействие материальных точек. Третий закон Ньютона. Гравитационное поле. Масса как источник гравитационного поля. Закон всемирного тяготения. Равенство гравитационной и инертной масс.

Движение материальной точки относительно неинерциальных систем отсчета. Сила инерции. Сила Кориолиса.

Движение абсолютно твердого тела. Вращательное движение. Угловая скорость. Плоское движение. Движение вокруг закрепленной точки. Углы Эйлера. Тензор инерции. Главные оси инерции тела. Уравнения Эйлера.

#### **1.2. Законы сохранения в механике.**

Импульс материальной точки. Закон изменения и сохранения импульса. Столкновение тел. Момент импульса. Закон изменения и сохранения момента импульса. Момент силы. Движение под действием момента сил. Механическая работа.

ского равновесия. Гомогенная и гетерогенная системы. Общие условия термодинамического равновесия. Необходимые условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы. Условия устойчивости равновесия однофазной системы. Принцип Ле Шателье. Фазовые переходы первого рода. Поведение термодинамических величин при фазовых переходах первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Плавление. Сублимация. Испарение и кипение, давление насыщенного пара. Краевой угол. Смачивание. Капиллярные явления. Метастабильные состояния. Тройная точка. Критическая точка. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы второго рода. Поведение физических величин при фазовых переходах второго рода.

#### **2.4. Основные положения статистической физики.**

Фазовое пространство. Ансамбль Гиббса (статистический ансамбль). Функция распределения. Теорема Лиувилля. Микроканоническое распределение. Каноническое распределение Гиббса. Связь статистической суммы со свободной энергией. Распределение Максвелла-Больцмана. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы. Теплоемкость классического идеального газа. Неидеальные газы. Газ Ван-дер-Ваальса. Большое каноническое распределение Гиббса. Квантовая статистика. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Общие свойства ферми-газов.

#### **2.5. Флуктуации.**

Распределение вероятностей флуктуаций (распределение Гаусса). Флуктуации в идеальном газе.

#### **2.6. Физическая кинетика.**

Частичные функции распределения. Кинетическое уравнение Больцмана. Диффузия. Законы Фика. Вязкость. Закон Ньютона. Механизмы внутреннего трения (вязкости) в газах, жидкостях, твердых телах. Сверхтекучесть. Теплопроводность. Закон Фурье. Механизмы теплопроводности в газах, жидкостях, твердых телах. Электропроводность. Формула Друде-Лоренца для электропроводности.

### **Раздел 3. Электричество и магнетизм**

#### **3.1. Основные законы физики электромагнитных явлений.**

Электрический заряд и его свойства. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Теорема Гаусса. Обобщение закона Кулона в виде дифференциального уравнения. Потенциальность электрического поля неподвижных зарядов. Потенциал поля точечного заряда. Потенциал системы зарядов. Электрический ток. Магнитное поле тока. Закон Био-Савара-Лапласа. Ток смещения. Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца.

#### **3.2. Электрические цепи.**

Сопротивление. Закон Ома. Емкость. Конденсатор. Конденсатор в цепи переменного тока. Сопротивление конденсатора переменному току (емкостное сопротивление). Само- и взаимная индукция. Индуктивность в цепи переменного тока. Индуктивное сопротивление. Электрические цепи. Правила Кирхгофа для постоянных и переменных токов. Сопротивление цепи переменному току. Мощ-

Дифракционные решетки. Расчет дифракционной картины света на решетке. Дифракция рентгеновских лучей. Спектральные приборы, основные характеристики спектральных приборов. Голография: запись и восстановление изображения.

#### **4.3. Излучение света.**

Классическая физическая модель излучения света. Естественная ширина спектральной линии. Формы спектральной линии. Уширение спектральных линий. Законы Кирхгофа для теплового излучения. Спектральная плотность излучения. Понятие абсолютно черного тела и законы его излучения. Квантовая физическая модель излучения света. Формула Планка для излучения абсолютно черного тела. Спонтанное и вынужденное излучение света атомами.

#### **4.4. Квантовая оптика.**

Фотоны. Фотоэффект, законы фотоэффекта. Формула Эйнштейна для фотоэффекта. Эффект Комптона и его объяснение. Источники когерентного излучения - лазеры. Активная среда. Понятие об отрицательной температуре. Лазер и его принципиальное устройство. Применение лазеров.

#### **4.5. Распространение света в различных средах.**

Отражение света от границы раздела двух изотропных сред: теория Френеля, угол Брюстера. Полное внутреннее отражение. Световоды. Дисперсия света. Электронная теория дисперсии света. Фазовая и групповая скорости света. Закон Бугера. Рассеяние света, рэлеевское рассеяние света. Распространение света в анизотропных средах. Оптические оси. Двойное лучепреломление и его применение. Оптически активные среды, эффект Фарадея в магнитных средах. Нелинейные среды. Эффекты в распространении света в нелинейных средах.

### **Раздел 5. Атомная физика и квантовая механика**

#### **5.1. Краткая история возникновения и развития квантовых представлений.**

Излучение абсолютно черного тела. Квантовая гипотеза Планка. Кванты света. Фотоэффект. Постоянная Планка. Опыты Резерфорда. Классические представления о строении атома, их несостоятельность. Атом водорода по Бору. Пространственное квантование и опыты Штерна-Герлаха. Корпускулярно-волновой дуализм. Волны де-Бройля. Эффект Комптона. Опыты Дэвиссона и Джермера. Невозможность классического описания движения микрочастиц. Принцип неопределенности Гейзенберга, его эвристическая ценность.

#### **5.2. Основные постулаты и принципы квантовой механики.**

Наблюдаемые величины и состояния. Волновая функция, ее статистическая интерпретация. Принцип суперпозиции. Матричная механика Гейзенберга. Операторы в квантовой механике. Понятие измерения. Среднее значение физической величины.

#### **5.3. Эволюция состояний квантовых систем.**

Уравнение Шредингера, его стационарные решения. Свойства стационарных состояний. Плотность вероятности, плотность потока вероятности. Симметрия и законы сохранения в квантовой механике.

#### **5.4. Простейшие и точно решаемые задачи квантовой механики.**

и законы сохранения.

8. Преобразования Галилея. Принцип относительности Галилея.
9. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца для координат и времени. Следствия из преобразований Лоренца (относительность одновременности и принцип причинности, сокращение расстояний и замедление хода движущихся часов). Пространственно-временной интервал. Сложение скоростей в специальной теории относительности. Эквивалентность массы и энергии.
10. Затухающие колебания. Декремент затухания. Вынужденные колебания. Резонанс.
11. Малые колебания. Гармонический осциллятор. Уравнение движения линейного гармонического осциллятора. Уравнение гармонических колебаний. Фазовый портрет гармонического осциллятора. Энергия колебаний.
12. Волны в упругих средах. Продольные и поперечные волны. Частота, длина волны, закон дисперсии, скорость, поляризация. Волновые пакеты. Фазовая и групповая скорости. Элементы акустики. Плоские и сферические волны
13. Принцип наименьшего действия. Функция Лагранжа. Уравнения движения в форме Лагранжа. Функция Гамильтона. Уравнения движения в форме Гамильтона.

### **Молекулярная физика и термодинамика**

1. Внутренняя энергия, теплота и работа. Первое начало термодинамики.
2. Изопроцессы и газовые законы на примере идеального газа и газа Ван-дер-Ваальса. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам в идеальном газе.
3. Циклические процессы, тепловая и холодильная машины. Обратимые и необратимые процессы. Второе начало термодинамики.
4. Энтропия. Второе начало термодинамики для неравновесных процессов.
5. Третье начало термодинамики (тепловая теорема Нерста).
6. Внутренняя энергия, свободная энергия, потенциал Гиббса, энтальпия. Термодинамические потенциалы для систем с переменной массой. Химический потенциал.
7. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы. Условия устойчивости равновесия однофазной системы. Принцип Ле Шателье.
8. Фазовые переходы первого рода. Поведение термодинамических величин при фазовых переходах первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Плавление. Сублимация. Испарение и кипение, давление насыщенного пара.
9. Краевой угол. Смачивание. Капиллярные явления.
10. Метастабильные состояния. Тройная точка. Критическая точка. Правило фаз Гиббса.
11. Фазовые переходы второго рода. Поведение физических величин при фазовых переходах второго рода.
12. Фазовое пространство. Ансамбль Гиббса (статистический ансамбль). N-частичная функция распределения. Теорема Лиувилля.
13. Микроканоническое распределение. Каноническое распределение Гиббса.

21. Сверхпроводимость. Электрические и магнитные свойства сверхпроводников. Высокотемпературная сверхпроводимость.

### **Оптика**

1. Законы геометрической оптики. Построение изображений в собирающих и рассеивающих тонких линзах.
2. Основные фотометрические величины: поток света, сила света, яркость, светимость, освещенность, интенсивность света.
3. Электромагнитная природа света. Поляризация, виды поляризации световой волны. Поляризаторы.
4. Интерференция света, Двухлучевая и многолучевая интерференция. Когерентность.
5. Дифракция. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля. Дифракция Френеля на круглых отверстиях и препятствиях. Зоны Френеля.
6. Спектральные приборы. Характеристики спектральных приборов. Дифракционная решетка и интерферометр Фабри-Перо. Спектроскопия.
7. Дифракция света на многомерных структурах. Дифракция рентгеновских лучей.
8. Классическая физическая модель излучения света. Естественная ширина спектральной линии. Формы спектральной линии. Уширение спектральных линий.
9. Законы Кирхгофа для теплового излучения. Абсолютно черное тело и законы его излучения. Спектральная плотность излучения.
10. Квантовая физическая модель излучения света. Формула Планка для излучения абсолютно черного тела. Спонтанное и вынужденное излучение света атомами.
11. Фотоэффект, законы фотоэффекта. Формула Эйнштейна для фотоэффекта.
12. Эффект Комптона и его объяснение.
13. Источники когерентного излучения – лазеры. Активная среда. Понятие об отрицательной температуре. Лазеры и нелинейная оптика.
14. Отражение света от границы раздела двух изотропных сред: теория Френеля, угол Брюстера.
15. Анизотропные среды. Распространение света в анизотропной среде. Уравнение Френеля. Двухлучепреломление. Применение явления двухлучепреломления. Оптическая активность.
16. Дисперсия света. Электронная теория дисперсии света. Нормальная и аномальная дисперсия. Поглощение света.
17. Рассеяние света, рэлеевское рассеяние света.

### **Физика атома и квантовая механика.**

1. Излучение абсолютно черного тела. Квантовая гипотеза Планка. Кванты света. Постоянная Планка.
2. Классические представления о строении атома, их несостоятельность. Атом водорода по Бору.
3. Корпускулярно-волновой дуализм. Волны де-Бройля,

### Дополнительная литература

1. Блохинцев Д.И. «Основы квантовой механики» М.: Наука, 1983.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. "Механика", Т. 1, М., Физматлит, 2012.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. "Теория поля", Т. 2, М., Физматлит, 2001.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. "Квантовая механика", Т.3, М., Физматлит, 2008.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. "Электродинамика сплошных сред", Т.8, М., Физматлит, 2005.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., "Статистическая физика. Ч.1". Т5, М., Физматлит, 2013.
7. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Питаевский, ЛЛ., "Статистическая физика. Ч.2", Т9, М., Физматлит, 2001.

### 5. Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру по направлению подготовки 03.06.01 - Физика и астрономия

Оценка ответов претендентов на поступление в аспирантуру по данному направлению производится по пятибалльной шкале и выставляется согласно критериям, приведенным в таблице.

Критерии оценки ответов претендентов при поступлении в аспирантуру.

Оценка	Критерии
Отлично	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений.</li> <li>2. Демонстрируются глубокие знания по дисциплине.</li> <li>3. Делаются обоснованные выводы.</li> <li>4. Ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее.</li> </ol>
Хорошо	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно.</li> <li>2. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер.</li> <li>3. Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия.</li> <li>4. Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.</li> </ol>
Удовлетворительно	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Допускаются нарушения в последовательности изложения при ответе.</li> <li>2. Демонстрируются поверхностные знания дисциплины.</li> <li>3. Имеются затруднения с выводами.</li> </ol>

	4. Определения и понятия даны не чётко.
Неудовлетворительно	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определённой системы знаний по дисциплине.</li><li>2. Не даны ответы на дополнительные вопросы комиссии.</li><li>3. Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях.</li></ol>



4. Принцип неопределенности Гейзенберга, его эвристическая ценность.
5. Волновая функция, ее статистическая интерпретация. Принцип суперпозиции.
6. Матричная механика Гейзенберга. Операторы в квантовой механике. Понятие измерения. Среднее значение физической величины.
7. Уравнение Шредингера, его стационарные решения. Свойства стационарных состояний.
8. Симметрия и законы сохранения в квантовой механике.
9. Гармонический осциллятор.
10. Движение частицы в центральном поле. Пространственный ротатор.
11. Нерелятивистская теория атома водорода.
12. Стационарная теория возмущений. Невырожденный уровень. Вырожденный уровень.
13. Квантовые переходы, вероятность перехода. «Золотое» правило Ферми.
14. Закон сохранения энергии и соотношение неопределенностей энергия-время.
15. Правила отбора для электродипольного излучения и поглощения. Рентгено-электронная спектроскопия.
16. Резонансные методы исследования веществ (ЭПР, ЯМР и др.).
17. Проблема тождественных частиц в квантовой механике. Принцип Паули. Перестановочная симметрия волновых функций.
18. Атом гелия. Строение многоэлектронных атомов.
19. Электронные конфигурации. Периодическая система химических элементов. Термы.
20. Молекула водорода, возникновение химической связи. Перекрывание атомных орбиталей, ковалентность.
21. Энергетический спектр и волновые функции электрона в идеальном кристалле. Энергетические зоны.
22. Явление радиоактивности.
23. Альфа-распад ядер. Элементарная теория Гамова для альфа-распада.
24. Бета-распад ядер. Элементарная теория Ферми для бета-распада.
25. Энергия связи ядра. Формула Вайцзекера для энергии связи и ее обоснование.
26. Элементарные и составные частицы. Частицы (мезоны, барионы, кварки, лептоны) - источники полей.
27. Спин электрона. Уравнение Паули. Спиновая волновая функция. Спиноры.

#### 4. Литература

##### Основная литература

1. Сивухин Д.В. "Общий курс физики. Механика", Т. 1, М., Физматлит, 2014.
2. Сивухин Д.В. "Общий курс физики. Термодинамика и молекулярная физика", Т.2, М., Физматлит, 2014.
3. Сивухин Д.В. "Общий курс физики. Электричество", Т.3, М., Физматлит, 2009.
4. Сивухин Д.В. "Общий курс физики. Оптика", Т.4, М., Физматлит, 2013.
5. Сивухин Д.В. "Общий курс физики. Атомная и ядерная физика", Т.5, М., Физматлит, 2011.

14. Распределение Максвелла-Больцмана.
15. Большое каноническое распределение Гиббса.
16. Квантовая статистика. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Общие свойства ферми-газов и бозе-газов.
17. Распределение вероятностей флуктуаций (распределение Гаусса). Флуктуации в идеальном газе.
18. Кинетическое уравнение Больцмана для разреженного газа.
19. Диффузия. Законы диффузии Фика.
20. Механизмы внутреннего трения (вязкости) в газах, жидкостях, твердых телах.
21. Механизмы теплопроводности в газах, жидкостях, твердых телах.
22. Электропроводность. Формула Друде-Лоренца для электропроводности.

### **Электричество и магнетизм**

1. Электрический заряд и его свойства. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.
2. Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Теорема Гаусса.
3. Потенциальность электрического поля неподвижных зарядов. Потенциал поля точечного заряда. Потенциал системы зарядов.
4. Электрический ток. Магнитное поле тока. Закон Био-Савара-Лапласа.
5. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца.
6. Электрическое сопротивление. Проводники. Закон Ома для участка цепи.
7. Конденсатор в цепи переменного тока. Сопротивление конденсатора переменному току (емкостное сопротивление).
8. Индуктивность в цепи переменного тока. Индуктивное сопротивление.
9. Электрические цепи. Правила Кирхгофа для постоянных и переменных токов.
10. Сопротивление цепи переменному току. Мощность переменного тока.
11. Плоские монохроматические электромагнитные волны и их основные свойства (частота и волновое число, связь частоты с волновым числом (закон дисперсии), скорость распространения, ориентация полей). Поперечность электромагнитных волн.
12. Движение заряда в электрическом поле. Движение заряда в магнитном поле. Сила Лоренца.
13. Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле (сила Ампера).
14. Магнитный момент замкнутого тока. Взаимодействие магнитного момента с полем.
15. Макроскопические электромагнитные поля в средах. Уравнения Максвелла. Материальные уравнения.
16. Диэлектрики. Связанные заряды. Поляризация диэлектриков в электрическом поле. Вектор поляризации.
17. Электрическая восприимчивость (поляризуемость). Полярные и неполярные диэлектрики. Особенности их поведения в постоянных и переменных полях.
18. Магнитные свойства вещества. Вектор намагниченности. Молекулярные токи. Диа-, пара- и ферромагнетики.
19. Природа диамагнетизма. Теорема Лармора. Диамагнетизм Ландау.
20. Природа пара- и ферромагнетизма.

Одномерное движение. Туннелирование. Гармонический осциллятор. Движение частицы в центральном поле. Пространственный ротатор. Нерелятивистская теория атома водорода.

### **5.5. Теория возмущений.**

Стационарная теория возмущений. Невырожденный уровень. Вырожденный уровень. Квантовые переходы, вероятность перехода. «Золотое» правило Ферми. Закон сохранения энергии и соотношение неопределенностей энергия-время.

### **5.6. Взаимодействие квантовой системы с электромагнитным полем.**

Правила отбора для электродипольного излучения и поглощения. Рентгено-электронная спектроскопия. Резонансные методы исследования веществ (ЭПР, ЯМР и др.).

### **5.7. Системы тождественных частиц.**

Спин. Спиновые волновые функции. Уравнение Паули. Тождественные частицы в квантовой механике. Принцип Паули. Перестановочная симметрия ВОЛНОВЫХ функций. Бозоны и фермионы. Атом гелия. Строение многоэлектронных атомов. Электронные конфигурации. Периодическая система химических элементов. Термы. Правило Хунда. Проявление спин-орбитального взаимодействия. Мультиплетное расщепление термов. Молекула водорода, возникновение химической связи. Перекрытие атомных орбиталей, ковалентность. Связывающие и антисвязывающие молекулярные орбитали. Обменное взаимодействие. Энергетический спектр и волновые функции электрона в идеальном кристалле. Энергетические зоны. Металлы, диэлектрики, полупроводники.

### **5.8. Физика ядра и элементарных частиц.**

Радиоактивность. Альфа-распад ядер. Элементарная теория Гамова для альфа-распада. Бета-распад ядер. Элементарная теория Ферми для бета-распада. Энергия связи ядра. Формула Вайцзекера для энергии связи и ее обоснование. Элементарные и составные частицы. Частицы (мезоны, барионы, кварки, лептоны) - источники полей. Кварки.

## **3. Вопросы для вступительного испытания**

### **Механика**

1. Кинематика прямолинейного движения материальной точки.
2. Кинематика криволинейного движения материальной точки. Нормальное и тангенциальное ускорения. Вращательное движение материальной точки. Угловая скорость и угловое ускорение.
3. Кинематика твердого тела. Число степеней свободы. Связи. Абсолютно твердое тело. Поступательное, вращательное и плоское движение твердого тела.
4. Сила, масса, импульс, работа и энергия в механике Ньютона.
5. Инерциальные системы отсчета. Законы динамики Ньютона.
6. Момент импульса и момент силы. Уравнение моментов для материальной точки и системы материальных точек. Тензор инерции.
7. Законы сохранения и их роль в физике. Законы сохранения импульса, момента импульса и полной механической энергии. Симметрия пространства-времени

ность

переменного тока. Переменный ток и его применение. Колебательный контур.

### **3.3. Электромагнитные волны.**

Волновое уравнение для электромагнитного поля. Плоские монохроматические электромагнитные волны и их основные свойства (частота и волновое число, связь частоты с волновым числом (закон дисперсии), скорость распространения, ориентация полей). Плотность энергии и плотность потока энергии электромагнитного поля. Излучение ЭМВ диполем Герца. Сферические волны.

### **3.4. Взаимодействие зарядов и токов с электромагнитным полем.**

Сила Лоренца. Движение заряда в электрическом поле. Движение заряда в магнитном поле. Ускорители заряженных частиц. Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле (сила Ампера). Магнитный момент замкнутого тока. Взаимодействие магнитного момента с полем. Преобразование энергии в поле переменных токов. Электродвигатели и генераторы переменного тока.

### **3.5. Материальные среды в электромагнитном поле.**

Макроскопические электромагнитные поля в средах. Уравнения Максвелла. Материальные уравнения. Диэлектрическая и магнитная проницаемости. Диэлектрики. Связанные заряды. Поляризация диэлектриков в электрическом поле. Вектор поляризации. Электрическая восприимчивость (поляризуемость). Полярные и неполярные диэлектрики. Особенности их поведения в постоянных и переменных полях. Магнитные свойства вещества. Вектор намагниченности. Молекулярные токи. Диа-, пара- и ферромагнетики. Магнитная проницаемость и магнитная восприимчивость. Природа диамагнетизма. Диамагнетизм Ландау. Спиновый магнитный момент. Природа пара- и ферромагнетизма. Применение пара- и ферромагнетизма. Сверхпроводимость. Электрические и магнитные свойства сверхпроводников. Высокотемпературная сверхпроводимость.

## **Раздел 4. Оптика**

### **4.1. Геометрическая оптика и фотометрия.**

Законы геометрической оптики. Центрированная оптическая система и ее кардинальные элементы. Построение изображений в собирающих и рассеивающих тонких линзах. Поперечное увеличение оптических приборов. Оптические приборы: глаз, лупа, микроскоп, телескоп. Геометрическая оптика как предел волновой.

Основные фотометрические величины: поток света, сила света, яркость, светимость, освещенность, интенсивность света. Спектральная чувствительность глаза.

### **4.2. Волновая оптика.**

Электромагнитная природа света. Поперечность электромагнитных волн. Поляризация, виды поляризации световой волны. Поляризаторы. Закон Малюса. Интерференция света. Двухлучевая и многолучевая интерференция. Когерентность. Оптическая разность хода. Методы получения и расчета интерференционной картины. Классические интерференционные опыты. Интерферометры. Дифракция. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля. Дифракция Френеля на круглых отверстиях и препятствиях. Зоны Френеля. Дифракция Фраунгофера.

Энергия. Кинетическая и потенциальная энергия системы материальных точек тела и системы тел. Закон сохранения механической энергии. Связь законов сохранения со свойствами пространства-времени. Роль законов сохранения в механике. Движение в центральном поле. Задача двух тел. Законы Кеплера. Рассеяние частиц.

### **1.3. Принцип относительности в механике.**

Принцип относительности Галилея. Преобразование Галилея. Сложение скоростей в классической физике. Принцип относительности Эйнштейна. Преобразования Лоренца. Сокращение длин и замедление времени. Сложение скоростей в релятивистской физике. Эквивалентность массы и энергии. Импульс и энергия релятивистской частицы. Релятивистское уравнение движения.

### **1.4. Механические колебания и волны.**

Условие возникновения колебаний. Малые колебания. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс. Колебания в системах связанных тел. Собственные частоты. Волны. Продольные и поперечные волны. Частота, длина волны, закон дисперсии, скорость, поляризация. Плоские и сферические волны. Волновые пакеты. Фазовая и групповая скорости. Элементы акустики.

### **1.5. Вариационные принципы в механике.**

Принцип наименьшего действия. Функция Лагранжа. Уравнения движения в форме Лагранжа. Функция Гамильтона. Уравнения движения в форме Гамильтона.

## **Раздел 2. Молекулярная физика. Термодинамика и статистическая физика**

### **2.1. Основные понятия и постулаты термодинамики.**

Макроскопическая система. Основы молекулярно-кинетической теории строения вещества. Термодинамический и статистический методы описания. Внешние и внутренние параметры. Термодинамическое состояние и его функции. Состояние термодинамического равновесия. Постулаты термодинамики. Установление термодинамического равновесия в изолированной системе. Равновесные и неравновесные процессы.

### **2.2. Начала термодинамики.**

Внутренняя энергия, теплота и работа. Первое начало термодинамики. Теплоемкости и скрытые теплоты. Изопроецессы и газовые законы на при мере идеального газа и газа Ван-дер-Ваальса. Циклические процессы, тепловая и холодильная машины. Второе начало термодинамики. Энтропия. Второе начало термодинамики для неравновесных процессов. Неравенство Клаузиуса. Третье начало термодинамики (тепловая теорема Нернста). Поведение термодинамических величин при температуре, стремящейся к абсолютному нулю.

### **2.3. Термодинамические потенциалы, условия равновесия и фазовые переходы.**

Внутренняя энергия, свободная энергия, потенциал Гиббса, энтальпия. Термодинамические потенциалы для систем с переменной массой. Химический потенциал. Основное соотношение равновесной термодинамики. Условия термодинамического равновесия. Гомогенная и гетерогенная системы. Общие условия термоди-

Разработчик(и): рабочая группа под руководством научного руководителя образовательной программы по подготовке кадров высшей квалификации (аспирантура), к.ф.-м.н., руководителя Института физики им.Х.И.Амирханова ДФИЦ РАН Хизриева К.Ш.

Руководитель ИФ ДФИЦ РАН



Хизриев К.Ш.

Согласовано:

Заместитель директора  
ДФИЦ РАН по научной работе



Биарсланов А.Б.

Заведующий аспирантурой  
ДФИЦ РАН



Сфиева Д.К.

«  » \_\_\_\_\_ 20   г.